



Revista Brasileira de Cartografia (2017), N° 69/8, Edição Especial “Geovisualização, mídias sociais e participação cidadã: apoio à representação, análise e gestão da paisagem”: 1387-1401  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## **GEOTECNOLOGIAS APLICADAS ÀS AUDITORIAS DE OBRAS PÚBLICAS NO BRASIL: PANORAMA GERAL E PERSPECTIVAS**

*Geotechnologies applied to audit of public works in Brazil: overview and perspectives*

**André Delgado de Souza<sup>1</sup>, Maria do Carmo Sobral<sup>1</sup> & Ana Lúcia Bezerra Candeias<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco – UFPE**

**Centro de Tecnologia e Geociências - Departamento de Engenharia Civil**

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 6º andar - Cidade Universitária, CEP: 50741-530, Recife/PE, Brasil  
andre.delgado@tcu.gov.br; msobral@ufpe.br

**<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco – UFPE**

**Centro de Tecnologia e Geociências - Departamento de Engenharia Cartográfica**

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - 2º andar – DECart - Cidade Universitária, CEP: 50740-530, Recife/PE, Brasil  
analucia@ufpe.br

*Received on June 8, 2017/ Accepted on November 30, 2017*

*Recebido em 8 de Junho, 2017/ Aceito em 30 de Novembro, 2017*

### **RESUMO**

Este trabalho consiste em uma análise da utilização das geotecnologias como suporte às auditorias de obras públicas realizadas pelos Tribunais de Contas do Brasil, com ênfase nos sistemas de informações geográficas (SIG). O objetivo foi avaliar como as geotecnologias são aproveitadas no controle de obras e apontar oportunidades de novas aplicação. A metodologia consistiu na realização de revisão da literatura e análise dos SIG disponibilizados nos sítios eletrônicos dos Tribunais de Contas. Constatou-se que, a partir de 2008, as geotecnologias passaram a ser mais utilizadas pelos órgãos de controle no Brasil, em especial *Global Navigation Satellite System* (GNSS) e SIG, sendo mais incipiente quanto ao Sensoriamento Remoto. Verificou-se que 35,7% dos Tribunais utilizavam SIG de forma sistemática, 14,3% estavam em fase de estudos e 50,0% ainda não utilizavam. Como possibilidade de novas aplicações nas auditorias, apontam-se GNSS diferencial e sensoriamento remoto para conferência de medições e aplicações de SIG para controle a distância de obras por meio de sensoriamento remoto, integração de bases de dados existentes e análises espaciais.

**Palavras chaves:** geoprocessamento, SIG, Tribunal de Contas, controle externo, controle a distância

### **ABSTRACT**

This paper consists of an analysis of the use of geotechnologies as a supporting tool to audit public works by the Brazilian Courts of Audit, focusing in geographic information systems (GIS). The main objective was to evaluate how geotechnologies are used to audit public works, and to point out new application opportunities. The methodology was based on literature review and analysis of the GIS available on websites of the Brazilian Courts. It was found that, since 2008, the geotechnologies became more used by the Courts, mainly Global Navigation Satellite System (GNSS) and GIS, while Remote Sensing in a more incipient fashion. GIS were systematically applied in 35.7% of the Brazilian Courts, while in 14.3% its usage was under study, and in 50.0% it was not systematically applied. New opportunities for geotechnologies applications are related to differential GNSS and remote sensing for checking measurements of significant services, and GIS for remote monitoring of public works, through remote sensing, integration of databases, and spatial analyses.

**Keywords:** geoprocessing, GIS, Courts of Audit, external control, remote monitoring

## 1. INTRODUÇÃO

As geotecnologias apresentam-se como alternativa para aprimorar a atuação dos órgãos de controle, podendo ser utilizadas como ferramenta de apoio no planejamento e execução das auditorias.

O controle das ações governamentais deve verificar se os serviços públicos atendem à população de forma adequada, os contratos seguem a Lei de Licitações e Contratos e se as obras são corretamente executadas, nos padrões técnicos exigidos, preços de mercado e de acordo com a legislação ambiental. Os Tribunais de Contas (TC) são órgãos da estrutura de controle da administração pública brasileira, responsáveis por fiscalizar a gestão e aplicação de recursos públicos.

Aplicações de geoprocessamento estão intrinsecamente ligadas a Cartografia, análise de recursos naturais, gestão ambiental e de recursos hídricos. Pesquisas avançadas são realizadas nessas áreas, a exemplo de monitoramento de áreas degradadas (BEUCHLE *et al.*, 2011; RAŠI *et al.*, 2011; SUAREZ; CANDEIAS, 2014), gestão de reservatórios, bacias hidrográficas (BARROS; SOBRAL; GUNKEL, 2013; BENEDINI, 2011; DELIPETREV; JONOSKI; SOLOMATINE, 2014; FAN; COLLISCHONN; RIGO, 2013; LOPES *et al.*, 2015), saneamento básico e planejamento urbano (CAVALCANTI, 2013; HORITA *et al.*, 2015; KESER; DUZGUN; AKSOY, 2012) there still remains the problem of how to combine WSN data with VGI. In this paper, an attempt is made to investigate AGORDS, which is a Spatial Decision Support System (SDSS).

No âmbito da gestão e controle de obras, as aplicações são mais escassas na literatura, com destaque para banco de dados geográficos (BELFORT, 2013; GEYMEN; YOMRALIOGLU; BAZ, 2008; GOMEL; REINALDIM, 2013) which provide technical services in urban areas, to have fast and reliable access to updated map bases and other spatial information. The urban information system (UIS, aferição de quantitativos de serviços (CAVALCANTI, 2013; FERRAZ *et al.*, 2015; KUROKAWA; HOLANDA JÚNIOR, 2010) e monitoramento por imagens de satélite (DALCIO *et al.*, 2013; MIRANDA, 2009), sendo essa última

de forma mais experimental. Acrescentam-se também pesquisas para integrar diferentes fontes de informações e análises espaciais mais complexas (BEDIROGLU; VOLKAN; NISANCI, 2015; KIM; MARSHALL; PAL, 2014).

O objetivo geral deste trabalho foi analisar como as geotecnologias, em específico os sistemas de informações geográficas (SIG), que são atualmente utilizadas como ferramenta de suporte às auditorias de obras públicas, apontando oportunidades de novas aplicações. Ao longo do artigo faz-se revisão da literatura sobre o tema e discute-se, em análise mais específica, as aplicações de SIG pelas Cortes de Contas do País. Os sítios eletrônicos dos Tribunais de Contas foram acessados e seus SIG avaliados quanto as informações e funcionalidades disponíveis. Na sequência apontam-se potenciais aplicações das geotecnologias nas auditorias de obras, inclusive por meio de *benchmarking* com aplicações na gestão ambiental e de recursos hídricos.

Espera-se que este artigo contribua para o aprofundamento do debate sobre as potencialidades das geotecnologias no controle de obras públicas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Discorre-se inicialmente sobre a estrutura de controle da administração pública brasileira, com foco nas auditorias realizadas pelos Tribunais de Contas. Na sequência, discutem-se aplicações das geotecnologias.

### 2.1 Controle da administração pública brasileira

No Brasil, o controle externo da administração pública é exercido, em nível federal, pelo Congresso Nacional e, em nível estadual e municipal, pelos respectivos poderes legislativos. Essas casas são auxiliadas tecnicamente pelos Tribunais de Contas.

No âmbito federal, de acordo com o art. 71 da Constituição Federal, é competência do Tribunal de Contas da União (TCU), entre outros:

- julgar as contas dos administradores e demais responsáveis por recursos públicos da administração direta e indireta;
- realizar auditorias de natureza contábil, financeira, orçamentária, operacional e patrimonial;

- fiscalizar a aplicação de quaisquer recursos repassados pela União a Estado, ao Distrito Federal ou a Município; e
- prestar informações ao Congresso Nacional sobre as auditorias realizadas.

O Sistema de Tribunais de Contas Brasileiro é composto pelo Tribunal de Contas da União (TCU), 26 Tribunais de Contas Estaduais (TCE), sendo um em cada Unidade da Federação, e o Tribunal de Contas do Distrito Federal, além de quatro Tribunais de Contas dos Municípios, localizados nos Estados da Bahia, Ceará, Pará e Goiás e dois Tribunais de Contas Municipais, localizados nos Municípios de São Paulo e Rio de Janeiro.

A atuação efetiva desses órgãos mostra-se fundamental na democracia, sendo um dos principais mecanismos para coibir o mal-uso dos recursos (ARANTES; ABRUCIO; TEIXEIRA, 2005; REIS; DACORSO; TENÓRIO, 2015).

Por meio das auditorias confronta-se a situação existente com a desejada tecnicamente, com base em critérios pré-estabelecidos. Historicamente, as auditorias têm dois enfoques principais: (i) conferência de informações ou confirmação de valores; e (ii) identificação de irregularidades e fraudes.

O campo de atuação dos Tribunais de Contas é amplo, destacando-se as auditorias ambientais e de obras públicas, conforme se descreve nos próximos parágrafos.

Quanto às auditorias ambientais, a atuação envolve múltiplos aspectos, entre os quais: exame da legalidade, economicidade e eficácia da gestão dos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente; e fiscalização de entes públicos com atividades de impacto ambiental (LIMA; MAGRINI, 2010).

Quanto às auditorias de obras, a atuação majoritária consiste na identificação de irregularidades financeiras, contábeis e relacionadas a projetos e execução física, abrangendo desde a licitação até a conclusão. No caso do TCU em específico, uma das principais diretrizes de atuação é o encaminhamento anual, ao Congresso Nacional, de uma relação de obras com indícios de irregularidades graves. Com base nos relatórios recebidos, o Congresso decide quanto à continuidade de alocação de recursos para as obras. Esse programa de fiscalização é chamado de FISCOBRAS (TCU, 2014a).

Pondera-se a relevância de auditar um maior número de obras. Em 2014, existiam 56.403 obras públicas do Programa de Aceleração do Crescimento (BRASIL, 2014). Nesse mesmo ano, foram autuados 102 processos de fiscalização no TCU, referentes a 389 empreendimentos auditados *in loco*, envolvendo R\$ 12,38 bilhões (TCU, 2014a). Em que pese a relevância desses números, quando considerado o universo de obras, verifica-se a conveniência de aumentar a quantidade de obras fiscalizadas. Ressalta-se a necessidade de aprimoramento dos Tribunais de Contas, em especial com utilização intensiva de bases dados e aplicações de geoprocessamento.

Deve-se considerar a oportunidade de utilização de bases de dados governamentais como insumo adicional. Apontam-se iniciativas como as auditorias contínuas, caracterizadas como um processo contínuo de análise de dados, possibilitando identificar anomalias, para então se adotarem procedimentos adicionais de verificação (CHAN; VASARHELYI, 2011; JANS; ALLES; VASARHELYI, 2013). Alguns parâmetros são medidos, de forma automática, e comparados com padrões pré-definidos. Caso as diferenças sejam relevantes, iniciam-se análises mais específicas.

Entre os desafios das auditorias de obras aponta-se o desenvolvimento de modelos que possibilitem uma visão sistêmica da situação das obras em determinados setores, incluído a utilização das bases de dados disponíveis. É nesse contexto que se observa grande potencial de aproveitamento das geotecnologias em geral, e dos SIG em específico. Percebe-se o crescente interesse dos órgãos no assunto, materializados em acordos de cooperação firmados com universidades brasileiras para desenvolvimento de pesquisas aplicadas e intercâmbio de experiências.

Além de questões específicas quanto à utilização de novas tecnologias – objeto específico do presente artigo – existem diversos outros assuntos referentes aos órgãos de controle que devem ser objeto de discussão, mas fogem do escopo deste estudo, a exemplo de:

- desburocratização do Estado Brasileiro, incluindo os órgãos de controle, especialmente no tocante a demora para julgamento das ações;
- ampliação da transparência pública, inclusive quanto a informações coletadas no

âmbito das fiscalizações e por meio de dados abertos (completos, primários, atualizados, acessíveis e processáveis por máquina); e

- capacitação profissional, devendo os órgãos de controle serem compostos por servidores preparados para o uso das geotecnologias, o que pode ser efetuado por meio de treinamento por universidades.

## **2.2 Geotecnologias aplicadas à gestão e controle de obras**

As geotecnologias são aproveitadas de diferentes maneiras na gestão e controle de obras públicas. Cita-se o gerenciamento de obras viárias, com integração de vários dados, como inventário das rodovias, estudo de materiais, tráfego e planejamento de serviços. Isso permite a sistematização de informações e avaliação ampla das condições de manutenção, custos de implantação, condições de solo etc. Essas aplicações podem ser facilmente transpostas para serviços urbanos e gestão ambiental em geral, com acompanhamento da qualidade da água e do solo, níveis de erosão, disposição de resíduos sólidos e limpeza urbana (FERREIRA; DUARTE, 2006; GEYMEN; YOMRALIOGLU; BAZ, 2008; LONGLEY *et al.*, 2013, p. 46–49).

Quanto ao monitoramento a distância de obras, destaca-se trabalho implementado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). O Sistema desenvolvido – GeoPAC – envolveu ações como: cobertura geocodificada das obras; monitoramento por imagens do avanço das obras; projeção das plantas das obras nas imagens; análises explicativas sucintas das imagens; e avaliação de impactos no território. O GeoPAC englobou dados de mais 200 obras, permitindo o monitoramento por imagens de satélites (Eros, Ikonos, Quickbird etc.). O recorte das áreas foi feito manualmente e a classificação foi supervisionada (DALCIO *et al.*, 2013; MIRANDA, 2009).

Salienta-se que o monitoramento via satélite é relativamente comum quando se trata de áreas extensas (BEUCHLE *et al.*, 2011; RAŠI *et al.*, 2011; SUAREZ; CANDEIAS, 2014), mas o mesmo não se observa para imagens de alta resolução e monitoramento de grande número de obras.

Kim, Marshall e Pal (2014) utilizaram SIG

para examinar as condições das regiões atingidas por enchentes no Colorado, Estados Unidos, identificando as infraestruturas danificadas. Inicialmente, fez-se uso de imagens de satélites referentes a momentos anteriores e posteriores ao evento. Na sequência, as análises foram complementadas com inspeções *in loco* e informações prestadas pelos cidadãos, via página na internet ou aplicativos de *smartphone*.

Bediroglu, Volkan e Nisanci (2015) ressaltaram o papel potencial dos SIG para os serviços prestado pelo Estado. Porém, na Turquia, apesar de existirem organizações governamentais com portais disponibilizando pesquisas espaciais, esses não são eficientes, em termos de acessibilidade e funcionalidade, além da existência de barreiras para integração dos dados. Mesmo os usuários de dados espaciais, na sua maioria, utilizam apenas sistemas *online* tradicionais, com exceção do *Google Earth*. Um dos maiores problemas é a padronização dos dados, que pode ser parcialmente resolvido com algoritmos para tratamento.

Quanto às auditorias governamentais em específico, o TCE-MT implantou, em 2008, o Geo-Obras, caracterizado como um SIG-Web para obras, constituído por dados declaratórios prestados pelos responsáveis. O sistema contemplava dados sobre os empreendimentos em execução com recursos estaduais ou municipais (TCE-MT, 2008).

Gomel e Reinaldim (2013) apresentaram características do SIG implantado no Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CREA) do Paraná e destacaram os resultados positivos de fiscalizações conjuntas com o TCE-PR, tendo como foco o mapeamento de obras paralisadas no Estado.

Kurokawa e Holanda Júnior (2010), em aplicação no TCU, descreveram os resultados obtidos com o cálculo de volumes de movimentação de terra por meio de imagens de satélite e sobreposição dessas imagens com o traçado da obra para fins de comparação com as medições constantes das prestações de contas. O modelo tridimensional do aterro com base nas medições foi projetado sobre a imagem de satélite do local de realização do aterro, apontando elevada discrepância entre a área correspondente à medição apresentada pela construtora e a área onde se percebe ter ocorrido,

de fato, movimentação de terra. Quando os perfis de medição, fornecidos pelo órgão público, obtidos mediante levantamento topográfico, foram projetados, os mesmos abrangeram locais onde não existia indicativo de movimento de terra na imagem de satélite.

Ferraz *et al.* (2015) apresentaram resultados experimentais de um trabalho piloto com veículo aéreo não tripulado (VANT) para conferência de quantitativos de terraplanagem da construção de uma ferrovia. O trabalho foi realizado em parceria com uma universidade brasileira. Foram realizados dois voos em trecho ferroviário que recebeu serviços de terraplanagem, bem como sobre uma plataforma ferroviária concluída e sobre um estoque de brita para lastro. As imagens capturadas, com precisão de 3 cm, foram processadas e geraram produtos geoespaciais, tais como a geração de nuvens de pontos 3D e modelo digital de terreno. O teste confirmou a viabilidade técnica e o potencial de utilização de VANT como instrumento complementar ao uso de imagens de satélite. Apontou-se escassez de experimentos para aplicações em auditorias.

No contexto mundial, existem também várias aplicações no âmbito do controle governamental (LEE *et al.*, 2016; MUSA, 2012; RENTENAAR; WILLIAMS-BRIDGERS, 2006). A experiência adquirida resultou na publicação do normativo *International Standards of Supreme Audit Institutions* (ISSAI) 5540/2013. Essa norma propõe procedimentos para uso da geoinformação, com vários exemplos, tais como avaliações de: programas de prevenção enchentes; ações empreendidas para recuperação de área destruídas; análises de riscos referentes a obras atrasadas; critérios para alocação de investimentos; e identificação de construções danificadas (*International Organisation of Supreme Audit Institutions - INTOSAI*, 2013).

O ISSAI 5540/2013 deve ser visto como um marco das geotecnologias no controle externo. O documento trouxe avanços para padronização de procedimentos, além do seu caráter fomentador, com a divulgação de exemplos bem-sucedidos. Sua elaboração contou com a participação de 23 Instituições Superiores de Auditoria, no período de 2008 até 2013.

Ressalta-se que o TCU é membro da INTOSAI, devendo, portanto, adotar normas desse instituto para melhorar sua forma atuação.

### **2.3 Geotecnologias aplicadas à gestão ambiental e de recursos hídricos**

O histórico de evolução do geoprocessamento tem forte relação com ações de preservação do meio ambiente (LONGLEY *et al.*, 2013, p. 18–21).

Quanto ao monitoramento de áreas degradadas, as imagens de satélite são utilizadas com frequência em escala global. O *Joint Research Centre*, da Comissão Europeia, desenvolveu metodologia para monitorar a cobertura florestal na América Latina, Sudeste Asiático e África, com imagens *Landsat Thematic Mapper e Enhanced Thematic Mapper*. As imagens foram selecionadas, pré-processadas e classificadas conforme a cobertura da terra para construção de estatísticas globais e regionais sobre a mudança da cobertura florestal tropical (BEUCHLE *et al.*, 2011; RAŠI *et al.*, 2011). Esses estudos foram motivados pela significativa influência da variação da cobertura florestal nas emissões de gases do efeito e nas mudanças climáticas.

Suarez e Candeias (2014) avaliaram a dinâmica do desmatamento e seus impactos na Mata Atlântica em Pernambuco, com base em imagens de satélite ao longo de três décadas, identificando as principais variáveis explicativas do desmatamento.

Quanto à gestão de reservatórios e de bacias hidrográficas, destaca-se a relevância dos modelos matemáticos, particularmente para avaliação da qualidade das águas dos rios, incluindo a utilização de SIG na modelagem (BARROS; SOBRAL; GUNKEL, 2013; BENEDINI, 2011).

Fan, Collischonn e Rigo (2013) construíram um modelo para simulação da qualidade da água acoplado com SIG para representação de impactos de lançamentos de poluentes, permitindo uma visão de toda a bacia hidrográfica. Pode ser especialmente útil quando não se sabe ao certo onde vão ocorrer os despejos de efluentes.

Delipetrev, Jonoski e Solomatine (2014) desenvolveram um protótipo de aplicativo-web colaborativo e com dados interoperáveis,

com três objetivos principais: gestão de dados espaciais; suporte a modelos para recursos hídricos; e otimização de recursos hídricos. Apesar das vantagens teóricas das plataformas-web, isso ainda não se refletia na prática. Entre os motivos, tem-se a conveniência para os consumidores quanto às plataformas tradicionais e o fato delas serem mais lucrativas para os fabricantes.

Existem vários SIG para gestão ambiental e de recursos hídricos no contexto nacional e internacional. No Brasil, a Agência Nacional de Águas e a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba, por exemplo, disponibilizam o HidroWeb e GeoPortal, respectivamente, com disponibilização de dados para o Brasil e para a Paraíba - <http://hidroweb.ana.gov.br> e <http://geo.aesa.pb.gov.br>. No contexto internacional, citam-se [www.cuahsi.org](http://www.cuahsi.org) e [www.earthobservations.org](http://www.earthobservations.org) (DELIPETREV; JONOSKI; SOLOMATINE, 2014, p. 35; NATIVI *et al.*, 2015, p. 85).

Lopes *et al.* (2015) empregaram imagens *Landsat-TM* para monitorar e quantificar a concentração de clorofila-a no reservatório de Itaparica, no rio São Francisco, na divisa entre PE e BA. Os autores realizaram análises espaciais não pontuais e multitemporais, visualizando a distribuição da concentração por determinados períodos.

Quanto ao saneamento básico e planejamento urbano, Keser, Duzgun e Aksoy (2012) estudaram a influência da dependência espacial na relação entre geração de resíduos sólidos e variáveis explicativas envolvendo aspectos socioeconômicos e climáticos. Os resultados das regressões tiveram melhor correlação quando a distribuição espacial foi considerada.

Cavalcanti, Tavares Júnior e Candeias (2013) imagem RAPIDEYE, mapas de setores censitários do Censo 2010 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) mapearam os riscos de inundação ao longo de uma bacia hidrográfica, valendo-se de modelo numérico do terreno, imagens *RapidEye*, setores censitários e álgebra de mapas. Como limitação, o critério da distribuição uniforme da população gerou imprecisão adicional.

Considerando as vantagens de informações atualizadas para gestão de riscos de enchentes,

Horita *et al.* (2015) there still remains the problem of how to combine WSN data with VGI. In this paper, an attempt is made to investigate AGORA-DS, which is a Spatial Decision Support System (SDSS) integraram diversas fontes, com destaque para rede de sensores sem fio (*wireless sensor network*) e informações voluntárias prestadas por moradores de áreas de alto-risco. Os autores desenvolveram um sistema de suporte à tomada de decisão espacial, intitulado AGORA-DS, que integrou bases de dados e apresentou resultados unificados.

No âmbito do transporte aquaviário, destaca-se o Sistema de Informações Geográficas do Transporte Aquaviário (SIGTAQ - [www.labtrans.ufsc.br/pt-br/projetos/modalidade-hidroviaria/sigtaq/](http://www.labtrans.ufsc.br/pt-br/projetos/modalidade-hidroviaria/sigtaq/)). É uma ferramenta para simulação, análise e geração de mapas temáticos para subsidiar a Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

Os SIG aparecem como ferramentas para agregar qualidade aos resultados. As análises espaciais vêm para expandir e aprofundar as avaliações, buscando padrões de distribuição antes imperceptíveis. A Fig. 1 apresenta um esquema genérico da aplicação de SIG no controle a distância, conforme as etapas descritas a seguir:

- coleta de dados: consiste na aquisição de dados de diferentes tipos e fontes, especialmente sistemas de informações da administração pública;

- tratamento e manipulação: depois de obtidos os dados, passa-se ao tratamento e manipulação, para padronizá-los, corrigir eventuais erros e possibilitar a integração das bases. Deve-se buscar automatizar ao máximo o processo, mas mantendo-se análises manuais em determinadas etapas;

- sistema de informação geográfica: consiste na ferramenta para melhorar a organização dos dados, colocá-los em uma base única e efetuar as análises espaciais, produzindo informações e conhecimento na forma de tabelas, gráficos e mapas; e

- controle a distância de obras públicas: o SIG permitirá obter informações relevantes sobre elevado número de obras, viabilizando o acompanhamento virtual e visão sistêmica, além de possibilitar atuação mais seletiva nos

casos críticos.



Fig. 1 - Esquema genérico da aplicação de SIG no controle a distância. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os estudos descritos mostram o leque de opções e o potencial das geotecnologias para planejamento, execução e controle em diversas áreas. As aplicações abrangem diferentes usos e níveis de complexidade, desde repositório de dados até análises espaciais avançadas, envolvendo qualidade da água, cenários atuais e previstos, combinação de diferentes mapas e imagens de satélite, incluindo análises multicritério, modelos matemáticos e correlação entre variáveis.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia iniciou-se com revisão da literatura, abrangendo aplicações das geotecnologias na gestão ambiental, de recursos hídricos e de obras, inclusive nas auditorias realizadas pelos Tribunais de Contas nos contextos brasileiro e internacional. A revisão incluiu aplicações na gestão ambiental buscando obter exemplos de sucesso nessa área.

Posteriormente, para entender como se deu a inserção das geotecnologias nas auditorias, levantou-se o histórico de evolução das auditorias de obras no País. As principais fontes de consulta foram os anais dos Simpósios Nacionais de Auditoria de Obras Públicas (SINAOP) e dos Encontros Nacionais de Auditoria de Obras Públicas. Esses eventos são organizados pelo Instituto Brasileiro de

Auditoria de Obras Públicas (IBRAOP), que é uma sociedade civil de âmbito nacional. Foram analisados documentos referentes aos anos de 1996 a 2013, correspondentes a 27 eventos.

Na sequência foram acessados e analisados os SIG disponibilizados nos sítios eletrônicos de 28 Cortes de Contas do Brasil, sendo todos os 26 TCE, mais o Tribunal de Contas do Distrito Federal e o TCU. Essas consultas foram conduzidas entre junho de 2013 e setembro de 2014. Além da obtenção de informações teóricas dos SIG, obtidas por meio dos respectivos normativos regulamentadores, efetuaram-se alguns testes práticos e pesquisas específicas nos sistemas disponíveis. Buscaram-se identificar, entre outros: quais análises poderiam ser realizadas; quem tinha acesso aos dados; se os bancos de dados estavam devidamente alimentados e atualizados; e se havia previsão para incrementar as funcionalidades disponíveis.

As informações coletadas para cada Corte de Contas foram tabeladas, com as seguintes colunas: nome do sistema; link de acesso; descrição do sistema; tipos de análises possíveis de realização; quem tem acesso aos dados; resoluções normativas; data de implantação; previsão para incrementar o sistema; possibilidades de aprimoramento; previsão para coleta periódica de dados; data da análise; e comentários adicionais.

Como resultado dessas verificações, cada Tribunal foi classificado conforme os seguintes critérios de utilização de SIG:

- implantado/ em implantação: considerou-se essa situação quando o SIG foi objetivamente identificado. Optou-se pela classificação “implantado/ em implantação”, porque, em alguns casos, em que pese o sistema encontrar-se implantado, observou-se a ausência sistemática de dados (obras não cadastradas, ausência de dados, fotos etc.). Considerou-se que essa situação configurava que o sistema estava implantado de direito, mas não de fato;
- em fase de estudos: quando foram identificadas ações para implantá-lo, mas o mesmo não foi objetivamente localizado; e
- não possui: quando não foi identificada a existência de SIG (considerando a consulta ao sítio eletrônico e aos artigos técnicos).

Essa classificação foi adotada para possibilitar a obtenção do panorama geral da

utilização no Brasil. As informações levantadas foram reunidas e tabeladas, possibilitando analisá-las criticamente.

Com base na revisão de literatura e na análise das informações levantadas nos sítios eletrônicos dos Tribunais de Contas, apontaram-se oportunidades para novas aplicações nas auditorias de obras, inclusive por meio de *benchmarking* com aplicações na gestão ambiental e de recursos hídricos.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Adiante apresentam-se panorama geral e análise das aplicações das geotecnologias. Por fim, apontam-se perspectivas para novas aplicações nas auditorias.

##### **4.1 Panorama da utilização das geotecnologias pelos Tribunais de Contas do Brasil**

Em levantamento do histórico das auditorias de obras no Brasil, observaram-se aprimoramentos quanto à maior padronização das ações, implantação de novos métodos e atuação mais integrada das instituições. A evolução pode ser dividida em três fases:

- de 1996 até o ano 2001: a preocupação era estabelecer padrões para as auditorias de obra. Os sistemas de informação ainda não estavam em evidência (DAYRELL, 1996; IBRAOP, 2000; MARQUES, 1997; OLIVEIRA JÚNIOR, 2000);

- de 2002 até 2007: os sistemas de informação convencionais passaram a ser reiteradamente apresentados como alternativa para acompanhamento das obras. As geotecnologias começaram, discretamente, a ser utilizadas (AULTONIAN; MENDES, 2001; FERNANDES; COSTA, 2006; ROTTA; STOLFO; MARIANI, 2002); e

- de 2008 até 2013: as geotecnologias passaram a ser utilizadas com mais frequência, destacando-se *Global Navigation Satellite System* (GNSS) e SIG. Com menos intensidade, o Sensoriamento Remoto (BAETA, 2010; CAVALCANTI, 2013; FERRAZ *et al.*, 2015; GOMEL; REINALDIM, 2013; KUOKAWA; HOLANDA JÚNIOR, 2010).

Quanto ao GNSS, verificou-se uso frequente para conferência de medições planimétricas, em especial de serviços lineares, como construção de estradas, adutoras, redes de distribuição de água, coletores de esgoto e

drenagem urbana (BAETA, 2010, p. 45–46 e 49; CAVALCANTI, 2013, p. 26–27 e 80–81). O TCE/PB, por exemplo, definiu metodologia para aferição de quantitativos a depender do tipo de serviço (CAVALCANTI, 2013, p. 89–132). O baixo preço, facilidade de manuseio, maior praticidade em relação a conferências com topografia e precisão satisfatória contribuíram para sua disseminação. Para distâncias isoladas superiores a 60 metros, por trecho medido, medições com GNSS de navegação têm resultados satisfatórios. Os erros relativos esperados são inferiores a 5% do valor medido, diminuindo de forma inversamente proporcional com o aumento da dimensão medida, pois o erro absoluto mantém-se constante, entre 3 e 10 metros (CAVALCANTI, 2013, p. 84).

Não foram identificadas aplicações de GNSS diferencial pelos órgãos de controle, permitindo-se inferir que não se trata de prática sistematicamente adotada pelas Cortes de Contas.

Quanto ao Sensoriamento Remoto, sua utilização é mais incipiente e experimental. Aferição de quantitativos com auxílio de imagens de satélite ocorreram de forma isolada (KUOKAWA; HOLANDA JÚNIOR, 2010). Observaram-se aplicações específicas de VANT, mas também de maneira pontual e experimental (FERRAZ *et al.*, 2015).

Para acompanhamento a distância, as imagens de satélite ainda têm limitações de resoluções espaciais, temporais e custo, além de carência de metodologia bem definidas. Talvez por isso, seu uso esteja mais limitado. Observa-se, no entanto, evolução nesse sentido, a exemplo das utilizações da EMBRAPA (DALCIO *et al.*, 2013; MIRANDA, 2009) e do Banco Central do Brasil (BACEN, 2015). No caso da EMBRAPA, foram utilizadas imagens de diversos satélites (Eros, Ikonos, Quickbird etc.), com detalhes de 1 metro a 70 centímetros, para monitoramento de obras. Entre os desafios encontrados, os autores destacaram a dificuldade para organizar mais de 78.000 km<sup>2</sup> de imagens de satélite, o desenvolvimento de uma interface para interpretação de imagens (*webmapping*) e a definição de um processo de classificação de imagens simplificado e consequente monitoramento espacial e temporal das obras. No caso do BACEN, foi autorizada a utilização do sensoriamento remoto para fins

de fiscalização de operações de crédito rural, devendo as imagens ter resolução espacial inferior a 30 metros e serem obtidas, no mínimo, três imagens, com diferentes fases do cultivo.

Quanto aos SIG, foi possível uma verificação mais detalhada, pois vários Tribunais disponibilizam na internet acesso aos sistemas. A Tabela 1 apresenta o panorama de utilização nas 28 Cortes pesquisadas.

**TABELA 1 - UTILIZAÇÃO DE SIG NO CONTROLE DE OBRAS PÚBLICAS PELOS TRIBUNAIS DE CONTAS DO BRASIL**

Situação	Quantidade	%
Implantado/ Em implantação	10	35,7
Em fase de estudos	4	14,3
Não possui	14	50,0
Total	28	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em 35,7% dos casos foi constatada a existência de SIG, em que pese a verificação de inconsistências em alguns deles, motivo pelo qual a situação foi classificada como “Implantado/ Em implantação”.

A maior parte das Cortes de Contas não utilizava de forma sistemática a tecnologia. Em 64,3% não foi identificada a existência de SIG para suporte à fiscalização de obras, considerando os que não possuíam e os que estavam em fase de estudos.

Os dados apresentados na Tabela 1 mostram também que 50,0% dos Tribunais já se utilizava ou estava em vias de, considerando as situações em que a implantação dos SIG estava em fase de estudo, em implantação ou já implantados. Observa-se, portanto, uma tendência de maior utilização. Outro fato que corrobora para esse prognóstico é que 78,6% dos Tribunais tinha normativos determinando aos jurisdicionados o encaminhamento de dados periódicos sobre as obras.

A Tabela 1 mostra incipiência na aplicação de geoprocessamento, sendo o uso das geotecnologias frequentemente resultado de esforços pessoais de profissionais que exercem a função de fiscais, carecendo de maior apoio institucional.

Quanto aos padrões de auditoria, em que pese a existência de roteiros elaborados por especialistas em auditoria de obras – a exemplo

do “Roteiro de Auditoria de Obras Públicas” (TCU, 2012), e da “Orientação Técnica para Anteprojeto de Engenharia” (IBRAOP, 2016) – constata-se a carência de padrões específicos para utilização das geotecnologias. Esforços nesse sentido são requeridos, devendo sua elaboração ser realizada com participação de especialistas em cartografia e geoprocessamento. Os roteiros devem abranger procedimentos a serem adotados para utilização das geotecnologias nas fases de planejamento, execução e relatório das auditorias.

#### **4.2 Análise dos SIG consultados**

Entre os primeiros SIG implantados no País, destaca-se o Geo-Obras, em 2008, no âmbito do TCE-MT (TCE-MT, 2008). Esse sistema foi utilizado como modelo por outros Tribunais, como foi o caso do Espírito Santo, Minas Gerais e Goiás. Os sistemas dos Tribunais de Contas da Paraíba, Rondônia e Piauí também são parecidos com o Geo-Obras-MT. O sistema do Tribunal de Contas do Distrito Federal apresenta uma formatação diferente dos demais. Já os sistemas do TCE-PR e TCE-RJ têm aplicações bem específicas. O SIG do TCE-RJ presta-se a visualizar ações de controle no âmbito da Olimpíada Rio 2016.

Os SIG analisados tinham como objetivo principal formar um banco de dados sobre contratos de obras e serviços de engenharia e disponibilizá-los à sociedade. São alimentados com dados declaratórios prestados via internet, cadastrando as obras e registrando, periodicamente, os eventos ocorridos. (INTOSAI, 2013; KIM; MARSHALL; PAL, 2014, p. 188; RENTENAAR; WILLIAMS-BRIDGERS, 2006).

Com apoio de filtros, selecionam-se as obras de acordo com: data de início, tipo, situação da obra, contrato, órgão público responsável, Município e empresa contratada. A maior parte dos dados estava disponível para a sociedade, sendo apenas algumas consultas restritas aos auditores. É possível consultar: descrição da obra, tipo de licitação, situação da obra, responsáveis pela fiscalização e execução, dados do contrato, empresa contratada, dados de execução da obra (data de início, medição acumulada, prazo aditado e prazo de término), edital de licitação, contrato, planilha orçamentária, planilha dos

preços contratados, cronograma, contrato, ordem de serviço, planilha de medição, fotos e localização no *Google Earth* (as obras são locadas apenas como um ponto, mesmo no caso de obras lineares). Existe também a possibilidade de apresentação de denúncias *online*.

Caso corretamente alimentados, esses SIG podem servir de subsídio ao planejamento, execução e controle das obras, além de estímulo ao controle social (DELIPETREV; JONOSKI; SOLOMATINE, 2014; DUBA; DI MAIO, 2014; FERREIRA; DUARTE, 2006; HORITA *et al.*, 2015; KIM; MARSHALL; PAL, 2014).

Apesar da variedade de dados previstos, a maior parte dos sistemas não se encontrava implantado de forma plena. Como principais problemas, constataram-se ausência e desatualização de dados. Em várias situações, constatou-se ausência, no banco de dados, de obras existentes. As Cortes devem exigir o cumprimento dos seus normativos, determinando a atualização dos dados.

Há iniciativas para integrar fontes de informações, mas em estágio incipiente. O compartilhamento de bases de dados do TCE-PR e do CREA possibilitou a fiscalização de 712 obras paralisadas (GOMEL; REINALDIM, 2013).

Com relação às imagens de satélites, nada de relevante foi observado. Em geral, os SIG utilizavam imagens do *Google Earth* como pano de fundo. Caberia aos Tribunais explorar mais o Sensoriamento Remoto, podendo testar aplicações como as apresentadas por Miranda (2009), Daltio *et al.* (2013) e Lee *et al.* (2016).

Comparando os exemplos de utilização das geotecnologias demonstradas no Normativo ISSAI 5540 (INTOSAI, 2013), no contexto internacional, com as aplicações encontradas no País, observou-se que os Tribunais de Contas do Brasil estão relativamente aderentes com aplicações no exterior.

Diversas Cortes demonstraram avanços proporcionados pela implantação do SIG. No entanto, o aproveitamento dessa geotecnologia ainda é mais focado como banco de dados geográficos. Não foi identificada utilização sistemática de SIG na integração, cruzamento de dados e sobreposição de camadas, inferindo-se que não são práticas sistematicamente implementadas. Verificaram-se discrepâncias

quando comparadas aplicações nas auditorias de obras com outras áreas de conhecimento, como na gestão ambiental e de recursos hídricos, em que análises mais avançadas são executadas.

### 4.3 Perspectivas

O Quadro 1 contempla uma síntese de oportunidades para novas aplicações das geotecnologias, cujo conteúdo discute-se adiante.

QUADRO 1 – OPORTUNIDADES PARA NOVAS APLICAÇÕES DAS GEOTECNOLOGIAS PELOS TRIBUNAIS DE CONTAS DO BRASIL

Geotecnologia	Oportunidades para aplicação
GNSS	- Aferição de medições altimétricas com GNSS diferencial
Sensoriamento Remoto	- Aferição de medições com imagens de satélites - Utilização de VANT para acompanhar obras, inspecionar locais de difícil acesso e conferir quantitativos de serviços - Acompanhamento a distância de obras com imagens de satélite
SIG	- Acompanhamento a distância de obras com integração de bases de dados e elaboração sistemática de mapas temáticos - Aplicação de modelos matemáticos e análises multicritério para estudos de correlação e identificação de padrões de distribuição espacial

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.3.1 GNSS

Seu uso deve continuar em expansão para aferições de medições planimétricas, tendo em vista a praticidade e a margem de erro aceitável, em especial para serviços lineares.

Esperam-se também aplicações para medições altimétricas. Tecnicamente há potencial, desde que utilizando GNSS diferencial, que é mais caro e exige mais treinamento, sendo justificável em conferências de elevados volumes de escavação por exemplo.

#### 4.3.2 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é uma tendência para aprimoramento das ações de controle, mas ainda carece de metodologias bem definidas e

testes experimentais para sua efetiva utilização. Os satélites disponíveis são capazes de obter imagens com elevado nível de detalhes, permitindo explorar diferentes escalas.

Para aferição de quantitativos de serviços, aplicações como as relatadas por Kurokawa e Holanda Júnior (2010) devem ser mais exploradas. Lembra-se, no entanto, que as imagens disponibilizadas no *Google Earth* devem ser usadas com cautela, pois elas são formadas por recortes de imagens e a data de cada um desses recortes deve ser observada antes da utilização.

Acrescenta-se a possibilidade de aferição de quantitativos por meio de VANT, em especial para serviços de movimentação de terra e de obras lineares (redes de drenagem, adutoras, rodovias, linhas de transmissão). Frisa-se, porém, que o processamento de imagens para mosaicagem com VANT exige o profissional de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, não é trivial e exige modelos matemáticos e análises de ajustamento estatístico, formando a fotogrametria digital. A sua utilização pode ser relevante também para acompanhar o andamento de obras mais relevantes e inspecionar locais de difícil acesso.

O acompanhamento remoto com imagens de satélites é uma alternativa para obter informações gerais sobre várias obras. O objetivo não deve ser a aferição de quantitativos, mas a obtenção de informações de caráter mais geral, a exemplo da identificação de obras paralisadas ou de degradação ambiental nas proximidades dos empreendimentos. Aplicações como o GeoPAC da EMBRAPA ilustram o potencial da ferramenta (DALTIÓ *et al.*, 2013; MIRANDA, 2009).

No âmbito dos Tribunais de Contas, medidas nesse sentido devem ser precedidas por programas de capacitação dos seus profissionais, na medida em que se trata de atividade extremamente especializada. Deve-se também avaliar a pertinência de criação de núcleos específicos de geoprocessamento.

Aplicações como as apresentadas por Rasi *et al.* (2011), Beuchle *et al.* (2011) e Suarez e Candeias (2014), podem ser aproveitadas na avaliação de programas mais amplos, como recuperação de áreas degradadas ou revitalização de bacias hidrográficas.

#### **4.3.3 Sistemas de Informações Geográficas**

Espera-se sua utilização de forma mais sistemática na elaboração de mapas temáticos e modelagem de indicadores para identificação de áreas críticas. A integração de bases de dados governamentais mostra-se de grande relevância para gerar informações sobre várias obras, possibilitando uma visão abrangente.

Há várias bases de dados que podem ser utilizadas, sendo parte delas constantes do Portal Brasileiro de Dados Abertos (<http://dados.gov.br>) e do Portal Brasileiro de Dados Geoespaciais ([www.inde.gov.br](http://www.inde.gov.br)) e do Portal de Transparência ([www.portaltransparencia.gov.br](http://www.portaltransparencia.gov.br)). Em outros casos, deve-se recorrer a bases mais específicas, a exemplo do Portal de Mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas. Aponta-se também como desafio uma maior comunicação entre os sistemas dos próprios Tribunais de Contas.

A integração das fontes de informações pode viabilizar o acompanhamento a distância de elevada quantidade de obras. Pode-se gerar e agrupar informações sobre valor dos contratos, localização das obras, licenciamento ambiental, execução físico-financeira, licitação, construtoras contratadas etc. Com a integração, é possível buscar padrões de comportamento com análises espaciais mais avançadas. Algumas questões que podem ser respondidas são: Onde estão os maiores investimentos? Há concentração de investimentos em alguma área geográfica específica? Os critérios para priorização dos investimentos são adequados? Os investimentos estão sendo realizados nas áreas com maior carência? Há obras sendo executadas sem licenciamento ambiental? Quais são as condicionantes ambientais? Há algum vínculo entre as empresas concorrentes? Como estão os cronogramas de execução das obras? Qual o tempo de duração das obras? Há áreas com maior concentração de obras paralisadas?

O recebimento de dados periódicos e a utilização de SIG abrem caminho para novos avanços, pois permitem a realização de auditorias contínuas com aplicação de SIG. Na mesma linha apontada por INTOSAI (2013), as geotecnologias precisam fazer parte da cultura das auditorias, passando-se a analisar questões também relacionadas à redução de riscos e prevenção de erros com análises preditivas.

Os desafios estão relacionados a aplicações de SIG de forma mais sistemática, para gerenciamento de dados de diferentes fontes e análises espaciais mais complexas, com elaboração de mapas temáticos, sobreposição de camadas, indicadores, estatística espacial e monitoramento por imagens de satélite. Os SIG têm grande potencial para suporte ao planejamento, execução e relatório das auditorias, em especial no caso de ações envolvendo grande número de obras.

Uma importante etapa catalizadora desses benefícios consistiria no estabelecimento de um cadastro federal de obras públicas, facilitando o levantamento de dados precisos e atualizados (TCU, 2014b).

Uma vez equacionadas as dificuldades quanto à interoperabilidade, novas frentes emergem. Citam-se as análises multicritério e modelos matemáticos, tanto para avaliações mais amplas de políticas públicas, como para projetos específicos. Análises multicritérios e estudos de correlação podem servir para avaliar se as obras seguiram critérios técnicos adequados ou para buscar variáveis explicativas para fenômenos de maior interesse, tal como Keser, Duzgun e Aksoy (2012). Modelos matemáticos, como descritos por Cavalcanti, Tavares Júnior e Candeias (2013) imagem RAPIDEYE, mapas de setores censitários do Censo 2010 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Barros, Sobral e Gunkel (2013), podem servir para os Tribunais avaliarem os critérios para priorização de investimentos.

Em um contexto mais amplo, acrescenta-se o potencial de uma plataforma na internet integrando várias fontes, com dados interoperáveis, incluindo os sistemas dos próprios Tribunais de Contas e informações voluntárias prestadas pelos cidadãos (DELIPETREV; JONOSKI; SOLOMATINE, 2014; DUBA; DI MAIO, 2014; HORITA *et al.*, 2015) open source software and web GIS. The web application has three web services for: (1. Indo mais além, mencionam-se os desafios relacionados a *Big Data* (LEE; KANG, 2015; NATIVI *et al.*, 2015).

## **5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS**

Em momento anterior, as auditorias de obras eram centradas em trabalhos de campo. Com o passar do tempo, os Tribunais passaram

a dar maior importância ao planejamento das atividades, tornando os trabalhos mais seletivos, mas ainda com foco nas inspeções *in loco*. Uma tendência mais atual é trabalhar previamente com bases de dados, permitindo a obtenção remota de informações que antes não eram geradas.

As geotecnologias já se apresentam como importante ferramenta para as auditorias de obras, apesar da necessidade de aprimoramento e com uso aquém das suas potencialidades. Existe oportunidade para novas aplicações no Brasil, destacando-se o monitoramento por sensoriamento remoto (incluindo imagens de satélite e VANT) do andamento das obras, integração e cruzamento de bases de dados e elaboração sistemática de mapas temáticos.

Para aprimorar as auditorias, considerando as dimensões do País e a quantidade de empreendimentos, devem-se buscar modelos alternativos. Propõe-se a realização de controle a distância das obras com utilização de SIG, possibilitando obter visão sistêmica e propiciando uma atuação mais seletiva para correção de problemas. A coleta, tratamento, integração e análise espacial possibilitará gerar informações relevantes sobre várias obras, permitindo também identificar casos e regiões mais críticos. As inspeções físicas passam a ser subsidiárias, caso requeridos elementos adicionais, ou diante da necessidade de intervenções mais específicas.

Com investimentos em pesquisas aplicadas e capacitação profissional, as geotecnologias se consolidarão como ferramenta de aprimoramento da governança da administração pública brasileira. Trata-se de importante ferramenta potencial para apoio à tomada de decisão em ações de controle, sendo uma alternativa para acompanhamento concomitante das obras.

Recomendam-se estudos adicionais para integração de bancos de dados, incorporação de visão interdisciplinar e sistêmica nas análises e incremento da capacidade preditiva. Quanto à capacitação, sugerem-se programas de treinamento em ciência de dados, elaboração de mapas temáticos e estatística espacial.

Este artigo representa um avanço no conhecimento atual das aplicações e potencialidades das geotecnologias no âmbito dos Tribunais de Contas. Espera-se contribuir para aprimorar a aplicação dos recursos públicos por meio de um controle mais efetivo.

## REFERÊNCIAS

- ARANTES, R. B.; ABRUCIO, F. L.; TEIXEIRA, M. A. C. A imagem dos tribunais de contas subnacionais. *Revista do Serviço Público*, v. 56, n. 1, p. 57–83, 2005.
- AULTONIAN, C. S.; MENDES, A. L. O Congresso Nacional e o TCU no controle das obras públicas. VII SINAOP. Anais. Florianópolis: IBRAOP, 2001. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- BAETA, A. P. Atuação do TCU em auditoria de obras públicas. XIII SINAOP. Anais. Porto Alegre: IBRAOP, 2010. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- BACEN. Resolução 4.427/2015. Autoriza a utilização do sensoriamento remoto para fiscalização de operações de crédito rural e determina o registro das coordenadas geodésicas do empreendimento financiado por operações de crédito rural no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro, 2015. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/n/NORMASBC>>. Acesso em: 7 dezembro. 2017.
- BARROS, A. M. L.; SOBRAL, M. C.; GUNKEL, G. Modelling of point and diffuse pollution: Application of the MONERIS model in the Ipojuca river basin, Pernambuco State, Brazil. *Water Science and Technology*, v. 68, n. 2, p. 357–365, 2013.
- BEDIROGLU, S.; VOLKAN, Y.; NISANCI, R. Building spatial cloud-based local government services. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer*, v. 169, n. 1, p. 47–60, 2015.
- BELFORT, J. A. B. Geo-Obras ES: Instrumento de transparência e fiscalização em obras públicas. XV SINAOP. Anais. Vitória: 2013. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- BENEDINI, M. Water quality models for rivers and streams: state of the art and future perspectives. *European Water*, v. 34, n. 1, p. 27–40, 2011.
- BEUCHLE, R. et al. Global tropical forest cover change assessment with medium spatial satellite imagery using a systematic sample grid – data, methods and first results. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Anais. Curitiba: 2011. Disponível em: <[www.embrapa.br/monitoramento-por-satelite/busca-de-publicacoes/](http://www.embrapa.br/monitoramento-por-satelite/busca-de-publicacoes/)>. Acesso em: 18 maio. 2016.
- BRASIL. Obras do PAC referentes ao 11º balanço, 2014. Disponível em: <[repositorio.dados.gov.br/governo-politica/administracao-publica/pac/PAC-2014-10.xlsx](http://repositorio.dados.gov.br/governo-politica/administracao-publica/pac/PAC-2014-10.xlsx)>. Acesso em: 27 maio. 2015.
- CAVALCANTI, P. C. T. Geoprocessamento aplicado à auditoria de obras públicas. Belo Horizonte: Fórum, 2013.
- CAVALCANTI, R. C.; TAVARES JÚNIOR, J. R.; CANDEIAS, A. L. B. Simulação de mapeamento de riscos de inundações usando dados Lidar: estudo de caso da bacia do rio Una-PE. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 65/4, p. 703–716, 2013.
- CHAN, D. Y.; VASARHELYI, M. A. Innovation and practice of continuous auditing. *International Journal of Accounting Information Systems*, v. 12, n. 2, p. 152–160, 2011.
- DALTIO, J. et al. GeoPAC - Sistema de Monitoramento de Obras do PAC. Circular Técnica - EMBRAPA, n. 1, 2013.
- DAYRELL, M. R. Auditoria técnica de engenharia: uma necessidade para o controle externo dos Tribunais de Contas. I SINAOP. Anais. Brasília: IBRAOP, 1996. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- DELIPETREV, B.; JONOSKI, A.; SOLOMATINE, D. P. Development of a web application for water resources based on open source software. *Computers & Geosciences*, v. 62, p. 35–42, 2014.
- DUBA, V. H. C.; DIMAIO, A. C. Geotecnologias e rede de informações: um mapa social para Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 66/4, p. 783–801, 2014.
- FAN, F. M.; COLLISCHONN, W.; RIGO, D. Modelo analítico de qualidade da água acoplado com Sistema de Informação Geográfica para simulação de lançamentos com duração variada.

- Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 4, p. 359–370, 2013.
- FERNANDES, F. J. S.; COSTA, G. M. Sistema de cadastro de obras utilizando georeferenciamento. XI SINAOP. Anais. Curitiba: IBRAOP, 2006. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- FERRAZ, C. A. M. et al. O uso de geotecnologias como uma nova ferramenta para o controle externo. Revista do TCU, n. 133, 2015.
- FERREIRA, A. J. L.; DUARTE, A. D. S. A GIS-based infrastructure management system for municipalities. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer, v. 159, n. 2, p. 113–120, 2006.
- GEYMEN, A.; YOMRALIOGLU, T.; BAZ, I. Developing an urban information system for local governments. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer, v. 161, n. 3, p. 163–173, 2008.
- GOMEL, D.; REINALDIM, M. K. Fiscalização conjunta TCE-PR e CREA-PR em obras paralisadas. XV SINAOP. Anais. Vitória: 2013. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- HORITA, F. E. A. et al. Development of a spatial decision support system for flood risk management in Brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks. Computers & Geosciences, v. 80, p. 84–94, 2015.
- IBRAOP. Carta de intenções. V SINAOP. Anais. Salvador: IBRAOP, 2000. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/](http://www.ibraop.org.br/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- IBRAOP. Orientação Técnica 006/2016. Anteprojeto de Engenharia, 2016. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/orientacoes-tecnicas/](http://www.ibraop.org.br/orientacoes-tecnicas/)>. Acesso em: 7 dezembro. 2017.
- INTOSAI. ISSAI 5540. Use of geospatial information in auditing disaster management and disaster-related aid, 2013. Disponível em: <[www.intosai.org/issai-executive-summaries.html](http://www.intosai.org/issai-executive-summaries.html)>. Acesso em: 8 out. 2015.
- JANS, M.; ALLES, M.; VASARHELYI, M. A. The case for process mining in auditing: sources of value and areas of application. International Journal of Accounting Information Systems, v. 14, n. 1, p. 1–20, 2013.
- KESER, S.; DUZGUN, S.; AKSOY, A. Application of spatial and non-spatial data analysis in determination of the factors that impact municipal solid waste generation rates in Turkey. Waste Management, v. 32, p. 359–371, 2012.
- KIM, Y. J.; MARSHALL, W.; PAL, I. Assessment of infrastructure devastated by extreme floods: a case study from Colorado, USA. Proceedings of the Institution of Civil Engineers- Civil Engineering, v. 167, n. 4, p. 186–191, 2014.
- KUROKAWA, E.; HOLANDA JÚNIOR, O. G. Uso de imagens de satélite em avaliação de auditoria de movimento de terra. XIII SINAOP. Anais. Porto Alegre: 2010. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016
- LEE, J.-G.; KANG, M. Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities. Big Data Research, n. 2, p. 74–81, 2015.
- LEE, S. et al. Using Geographic Information Systems: Audit techniques to detect occupation-without permission structures in national and public-owned land. International Journal of Government Auditing, n. Winter 2016, 2016.
- LIMA, L. H.; MAGRINI, A. The Brazilian Audit Tribunal's role in improving the federal environmental licensing process. Environmental Impact Assessment Review, v. 30, n. 2, p. 108–115, 2010.
- LONGLEY, P. A. et al. Sistemas e ciência da informação geográfica. Tradução A. Scheider et al. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- LOPES, H. et al. Comportamento espacial da clorofila-a no reservatório de Itaparica, rio São Francisco. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, n. 3, p. 475–484, 2015.
- MARQUES, J. J. B. A experiência do TCE-PB em inspeções “in loco”. II SINAOP. Anais. Recife: IBRAOP, 1997. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- MIRANDA, E. E. Monitoramento por satélite das obras do PAC e de seus impactos. Campinas, 2009. Disponível em: <[www.pac.cnpem.embrapa.br/](http://www.pac.cnpem.embrapa.br/)>. Acesso em: 24 set. 2014.

- MUSA, A. M. Using Geospatial Technology to Enhance Environmental Auditing. *International Journal of Government Auditing*, v. 39, n. 3, p. 18–19, 2012.
- NATIVI, S. et al. Big Data challenges in building the Global Earth Observation System of Systems. *Environmental Modelling & Software*, v. 68, p. 1–26, 2015.
- OLIVEIRA JÚNIOR, W. M. O. Sistema de apoio ao planejamento e execução de auditorias. V SINAOP. Anais. Salvador: IBRAOP, 2000. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- RAŠI, R. et al. An automated approach for segmenting and classifying a large sample of multi-date Landsat imagery for pan-tropical forest monitoring. *Remote Sensing of Environment*, v. 115, n. 12, p. 3659–3669, 2011.
- REIS, A. F.; DACORSO, A. L. R.; TENÓRIO, F. A. G. A influência do uso de tecnologias de informação e comunicação na prestação de contas públicas municipais: um estudo de caso no Tribunal de Contas dos Municípios do Estado da Bahia. *Revista de Administração Pública*, v. 49, n. 1, p. 231–251, 2015.
- RENTENAAR, K.; WILLIAMS-BRIDGERS, J. Disaster-related aid: Using Geographic Information in Audits. *International Journal of Government Auditing*, 2006.
- ROTTA, G. V; STOLFO, R. M.; MARIANI, T. T. Concepção para implantação de sistema informatizado de controle de obras públicas no TCE-RS. VII SINAOP. Anais. Brasília: IBRAOP, 2002. Disponível em: <[www.ibraop.org.br/page-artigos/](http://www.ibraop.org.br/page-artigos/)>. Acesso em: 2 maio. 2016.
- SUAREZ, A. F.; CANDEIAS, A. L. B. Modelagem dinâmica de cobertura da terra na mata atlântica no Município de Maragogipe - BA. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 66, n. 5, p. 953–981, 2014.
- TCE-MT. Resolução Normativa 6/2008. Dispõe sobre a implantação do Sistema GEO-OBRAS - TCE-MT, 2008. Disponível em: <[www.tce.mt.gov.br/conteudo/sid/472](http://www.tce.mt.gov.br/conteudo/sid/472)>. Acesso em: 4 jun. 2014.
- TCU. Portaria SEGECEX 33/2012. Aprova a segunda revisão do Roteiro de Auditoria de Obras Públicas, 2012b. Disponível em: <[contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario](http://contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario)>. Acesso em: 26 maio. 2015.
- TCU. Acórdão 2.981/2014-Plenário. Fiscobras 2014 - Consolidação das fiscalizações de obras realizadas no exercício de 2014 para atendimento à lei de diretrizes orçamentárias. Brasília: TCU, 2014a. Disponível em: <[contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario](http://contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario)>. Acesso em: 27 maio. 2015.
- TCU. Acórdão 699/2014-Plenário. Prestação de informações acerca de obras públicas, financiadas com recursos federais, que se encontram paralisadas. Brasília: TCU, 2014b. Disponível em: <[contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario](http://contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario)>. Acesso em: 21 maio. 2015.